

Laid-Open Number : 3-77922
Laid-Open Date : April 3, 1991
Application Number: 1-215786
Application Date : August 21, 1989
Int. Class Number : G02F 1/136, 1/1333
Applicant : Sharp Corp.

Specification

1. Title of the Invention

Liquid crystal display device

2. Claims

1. A liquid crystal display device comprising:

- (a) electrode lines disposed as an X-Y matrix,
- (b) a plurality of first three terminal switching elements each having source, drain and gate, the source being connected to the electrode line X, and gate being connected to the electrode line Y, respectively, and
- (c) a liquid crystal display section having a liquid crystal layer disposed between a plurality of pixel electrodes corresponding to the respective first three terminal switching elements and opposing electrodes connected to a liquid crystal driving power source, and conducting a matrix display operation based on the drain output of the three terminal switching elements, wherein
- (d) each of the pixel electrodes is connected by way of a second three terminal switching element to a common line, and the drain of the first three terminal switching element is connected by way of a signal accumulation capacitor to a grounding line or an adjacent gate line and to the gate of a second three terminal switching element, and
- (e) an AC voltage at a phase inverse to each other can be applied to the

opposing electrode and the common line.

2. A liquid crystal display device as defined in claim 1, wherein a dummy load having an impedance substantially equal with the impedance of the liquid crystal display section is inserted between the second three terminal switching element and the common line.

3. Detailed Description of the Invention

(i) Industrial Field of Use

The present invention relates to a liquid crystal display device. More in particular, it relates to an improvement for a liquid crystal display device capable of conducting highly fine matrix type liquid crystal display improved display lightness required for projection type display such as highly fine finder display of cameras and television sets.

(ii) Prior Art

Heretofore, matrix type liquid crystal display devices have been developed as display devices utilizing an electro-optic effect of liquid crystals for pixel display. The liquid crystal display device comprises, basically, a plurality of pixel electrodes arranged in a dot matrix form and a liquid crystal layer for optically modulating an incident light in accordance with a voltage applied between each of the pixel electrodes and opposing electrodes opposed thereto.

As the operation mode of such matrix type liquid crystal type display device, various modes have been developed depending on the kinds of liquid crystals to be sealed as the liquid crystal layer or difference of electro-optic characteristics thereof and they include, for example, a twisted nematic (TN) mode, a super twisted nematic (STN) mode, a guest-host (GH) mode, a dynamic scattering (DS) mode and a phase transition mode. Further, the method of individually controlling respective display pixels each comprising the liquid crystal layer and the pixel electrode includes,

for example, (1) a simple matrix system, (2) a multiple matrix system, (3) a system of adding a non-linear two terminal element (for example, diode), and (4) a method of adding a three terminal switching element (for example, thin film transistor (TFT)).

Among them, a liquid crystal display device comprising, in combination, an operation mode such as the DS mode [G. H. Heilmeyer, et al.: Proc IEEE 56 1162(1968)], a White-Taylor type GH mode (D. L. White et al.: J. Appl. Phys. 45 4718(1974)), or a cholesteric-nematic phase transition mode [J. J. Mysocki et al.: Proc. SID 13/2 115(1980)], and a display system of a TFT active matrix system has no requirement of using polarization filters and can improve the display lightness.

In the liquid crystal display device of such a combination, as shown in Fig. 4, a so-called signal accumulation capacitor (C_1) is disposed in parallel with a pixel electrode (C_2) connected to a drain electrode of a TFT, and the capacity of the capacitor (C_1) is made larger to improve the charge holding function.

However, even by the use of such a signal accumulation capacitor, there is a limit, in principle, for preventing lowering of the charge holding function. Further, in a highly integrated matrix display device, provision of the signal accumulation capacitor of a sufficient electric capacity to each of a plurality of TFT(s) increases a load on a source driver, a source pass line or a switching TFT, and it is difficult in view of restriction of area or manufacturing technique.

For the solution of the foregoing problems, the present applicant has already filed a novel TFT active matrix type liquid crystal display device capable of preventing undesired effects on the display operation caused by discharges even in a case of using a liquid crystal layer with low specific resistivity and thereby capable of attaining a high display

lightness without using polarization filters (Japanese Patent Application 1-95581).

(iii) Subject to be Solved by the Invention

The present invention intends to further improve the liquid crystal display device of the above-mentioned application and provide a TFT active matrix type liquid crystal display device having a driving system suitable to display of images including intermediate tones.

(iv) Means for the Solution of the Subject

In accordance with the present invention, there is provided a liquid crystal display device comprising: (a) electrode lines disposed as an X-Y matrix, (b) a plurality of first three terminal switching elements each having source, drain and gate, the source being connected to the electrode line X, and gate being connected to the electrode line Y, respectively, and (c) a liquid crystal display section having a liquid crystal layer disposed between a plurality of pixel electrodes corresponding to each of the first three terminal switching elements and opposing electrodes connected to a liquid crystal driving power source, and conducting a matrix display operation based on the drain output of the three terminal switching elements, wherein (d) each of the pixel electrodes is connected by way of a second three terminal switching element to a common line, and the drain of the first three terminal switching element is connected by way of a signal accumulation capacitor to a grounding line or an adjacent gate line and to the gate of a second three terminal switching element, and (e) an AC voltage at a phase inverse to each other can be applied to the opposing electrode and the common line.

That is, the feature of the present invention resides in a liquid crystal display device having a novel driving system having a sample hold circuit comprising a thin film transistor and a signal accumulation

capacitor on every pixel in which a DC component is not applied to the liquid crystal layer.

By the way, in general field effect transistors, it is customary to call an electrode on the carrier supplying side as a source and an electrode on the carrier discharging side as a drain. In the thin film transistor of the liquid crystal display device according to the present invention, however, since the structure for source and drain is symmetric as described later and current is supplied between the channel in both directions, so that they can not be distinguished by the customary terms. Then, in the specification of the present application, one of the electrodes nearer to the supply source of signals or driving voltage is called as a source and the other of them is called as a drain in the following explanation.

The liquid crystal display device according to the present invention (hereinafter referred to as a device of the invention) is most effective in a case combined with an operation mode such as the DS mode, GH mode or cholesteric-nematic phase transition mode, which does not use polarization filters but uses a liquid crystal layer of low specific resistivity containing ionic impurities for utilizing the liquid crystal electro-optical effect thereof for light absorption or light scattering characteristics to the display, and a combination with a projection type liquid crystal display device is a further preferred embodiment.

In particular, according to the device of the present invention, undesired effects on the display device caused by electric discharge can be prevented even in a case of using a liquid crystal layer of higher conductivity than usual and particularly, a liquid crystal layer of low specific resistivity of $10^9 \Omega\text{m}$ or lower. Accordingly, in the device of the present invention, it is a preferred embodiment of using a liquid

crystal of low specific gravity of $10^9 \Omega\text{m}$ or lower.

As the materials for the electrode lines in the device of the present invention, usual wiring materials such as ITO, Al, Ti, Ni, W, Mo, Cr, p-Si(n^+) (polycrystal silicon) can be used, and insulation films such as made of SiO_x , SiN_x , Ta_2O_5 or Al_2O_3 is used for the intersections of the electrode line to prevent short-circuit.

In the device of the present invention, a thin film transistor (TFT) is, for example, suitable as the first and the second three terminal switching elements and a capacitor element used in usual active matrix systems can also be applied to the signal accumulation capacitor.

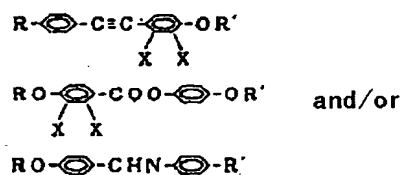
For example, as the first and the second three terminal switching elements, a TFT comprising, for example, a-Si (amorphous silicon) p-Si, Si crystal, CdSe, GaAs and GaP can be used. Further, a so-called MOS type transistor array using an Si substrate is also applicable as a reflection type device. As a concrete example of the signal accumulation capacitor, those formed by using the same conductor as the wiring material described above for the electrodes and the same material as the intersection insulation material for the insulator are suitable. However, another electrode of the signal accumulation capacitor may be connected with an adjacent gate electrode instead of connection with the ground line. Further, it is not always necessary that the signal accumulation capacitor is disposed as a device separate from the three terminal switching element, but it may be formed by utilizing the capacitance component incorporated in the three terminal switching element, namely, by utilizing the stray capacitance thereof.

For example, the TFT described above can be formed in accordance with the method as described in JP-A-58-147069.

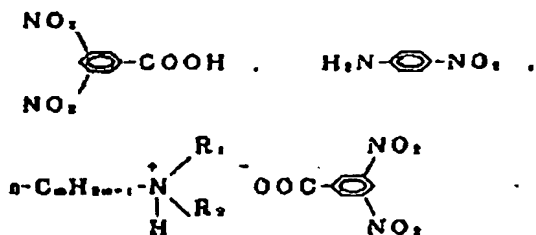
Further, for the pixel electrodes and the opposing electrodes

constituting the liquid crystal display section, a transparent electrode (for example, SnO_2 -doped In_2O_3 film simply referred to as ITO, or SnO_2 film known under the trade name of NESAs) is used to at least one of them, and a metal electrode such as made of Al or Au is used for the other of them in a case of a so-called reflection type display device.

In the liquid crystal display section in the device of the present invention, the liquid crystal layer may be constituted with a material of low specific resistivity containing ionic impurities with no troubles at all, and the constitution is selected properly in accordance with the operation mode. For example, in a case of applying the DS mode, a nematic compound having neutral or weakly positive dielectric anisotropy or weakly negative dielectric anisotropy and ionic impurities are used. The nematic compound can include, for example:

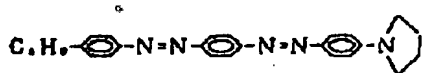


(where R, R' each independently represents a C_3 - C_8 alkyl group; X represents a hydrogen atom or a fluorine atom). For the liquid crystal layer, it is preferred to use a mixed liquid crystal composition containing such nematic compounds, and having a negative dielectric anisotropy and a positive conductive anisotropy as an entire system. On the other hand, the ionic impurities can suitably include compounds, for example:



(where m is an integer of 1 to 16, and R_1 and R_2 each represents a hydrogen atom, a methyl group or a benzyl group) (Minesaki et al.: Society of Applied Physics, Spring Lecture Meeting (1979), 30P-B-13).

In a case of the White-Tailor type GH mode, those comprising a cholesteric liquid crystal compound having a positive dielectric anisotropy, or a nematic liquid crystal compound having a positive dielectric anisotropy and an optical active compound can be mentioned. In this mode, the dichroic dye used can include generally the following azo dye:



or anthraquinone dye as described in the literature by T. Uchida [T. Uchida et al.: Mol. Cryst and Liq. Cryst. 63 19(1981)], and fluorescent dyes such as cumarin type dyes and like other dyes are also applicable in addition to the dyes described above.

In the device of the present invention, the second three terminal switching element is connected at the source thereof with a common line. That is, since the potentials at the source and the drain are in a positive-to-negative symmetry with respect to the potential at the mid point of the channel in the three terminal switching element by such a connection, it conducts operation in a positive-to-negative symmetry when potentials are replaced between the source and the drain.

In the present invention, an AC voltage is applied to the common line at a phase inverse to that at the opposing electrode. The AC voltage at the inverse phase means an AC voltage having an identical amplitude and an inverse phase with respect to the voltage applied to the opposing electrode. That is, when the AC voltage at the inverse phase is applied to the common line, the relation of the potential at the respective

electrodes of the second three terminal switching element are substantially in symmetry for the positive and the negative polarity of the opposing voltage and, accordingly, the impedance of the three terminal switching element has a constant value irrespective of the polarity of the opposing voltage and the voltage applied to the liquid crystal layer in the liquid crystal display section can be in the positive-to-negative symmetry.

Further, in the present invention, the symmetry can further be improved by inserting a dummy load about identical with the liquid crystal layer between the drain of the second three terminal switching element and the common line.

(v) Function

By the drain output from the first three terminal switching element selected by the electrode lines X and Y, [I] electric charges are accumulated in the signal accumulation capacitor, and [II] a voltage applied to the gate of the second three terminal switching element to establish a closed circuit and apply a voltage from the liquid crystal driving power source to the corresponding pixel electrode portion in the liquid crystal display section thereby conducting display operation.

In this case, since the electrode lines X and Y are selected by scanning under a constant short frame frequency, the output period of the first three terminal switching element is extremely short with respect to one pixel electrode.

However, since the signal accumulation capacitor is provided, a voltage is applied to the gate of the second three terminal switching element also after the first three terminal switching element have been turned OFF till new signal charges are accumulated in the next field to keep the ON state. Then, since the charges accumulated in the signal accumulation capacitance are disconnected by way of the second three

terminal switching element from the liquid crystal display section, consumption due to discharge is not caused substantially and the charge holding time is also extended compared with the prior art. That is, this operates as a sample hold circuit.

On the other hand, in the state where the ON state of the second three terminal switching element is kept, since charges are supplied continuously from the liquid crystal driving power source even if discharge is caused in the liquid crystal layer, no undesired effects by the discharge are caused.

Further, in the device of the present invention, the following driving conditions are selected when binary display, namely, black and white display is conducted. That is, assuming the state of applying the voltage to the liquid crystal layer as ON and the state of not applying the voltage as OFF, the level for the signal voltage V_{s1} supplied to the first switching element is selected such that the impedance Z_{sw} of the second switching element is sufficiently lower than the impedance Z_{lc} of the liquid crystal layer in the ON state and, vice versa, in the OFF state. An AC voltage V_c is applied to the opposing electrode, because the application of a DC voltage would cause electrolysis of liquid crystals or corrosion of electrodes. The AC voltage V_c applied to the opposing electrode is divided by the impedance Z_{lc} of the liquid crystal layer and the impedance Z_{sw} of the switching element. If both of them satisfy the conditions described above, the voltage V_{lc} applied to the liquid crystal layer is substantially equal with the voltage V_c applied to the opposing electrode in the ON state, whereas the voltage is not substantially applied to the liquid crystal layer in the OFF state. In this case, the voltage V_{lc} applied to the liquid crystal layer is substantially in a positive-to-negative symmetry and the DC component is negligibly small.

Further, in the device of the present invention, the second switching element is connected at the source side to the common line and the potentials at the source and the drain of the switching element are in the positive-to-negative symmetry with respect to the potential for the mid portion of the channel. Accordingly, if the voltage applied to the common electrode and the opposing electrode is inverted, the operation point does not change. Accordingly, the impedance (Z_{SW}) of the switching element is constant, and the impedance (Z_{LC}) for the liquid crystal layer is also made constant as $Z_{SW} \approx Z_{LC}$ irrespective of the polarity of the AC voltage applied to the opposing electrode in this case. Accordingly, when an AC voltage of an amplitude V_c is applied to the opposing electrode and a voltage having the same amplitude and inverse at the phase is applied to the common electrode, the potential relation between each of the electrodes of the second switching element is substantially in symmetry between the case where the polarity of V_c is positive and the negative, and Z_{SW} is substantially equal. Accordingly, the voltage applied to the liquid crystal layer is substantially in a positive-to-negative symmetry.

The present invention will be explained more specifically by way of examples but the invention is not restricted by them.

(vi) Example

Fig. 1 is an equivalent circuit diagram showing a constitution for one display unit of a matrix in a matrix type liquid crystal display device as an example of the present invention.

In the drawings, X_1 , X_2 , ----- represent data signal pass lines (electrode lines X) in the X-Y matrix electrodes and Y_1 , Y_2 ----- represent scanning signal pass lines (electrode lines Y) thereof, respectively, in which intersections of them (address) are isolated by an insulation film. A first thin film transistor (TFT_1) is disposed to the vicinity of each

intersection and the gate thereof is connected to the electrode line Y (Y_1) and the source thereof is connected to the electrode line X (X_1), respectively. Then, as shown in the figure, the drain line of the TFT₁ is connected to the gate of the second thin film transistor (TFT₂) and a capacitor (C_1) as a signal accumulation capacitor is connected to the midway thereof.

On the other hand, the source of the TFT₂ is connected to one of pixel electrodes (a) in the liquid crystal display section (C_2) in which a liquid crystal layer is disposed between a plurality of pixel electrodes (a) and opposing electrodes (b), and the opposing electrode (b) is connected to the liquid crystal driving AC power source (V_c).

In the drawing, E represents a grounding line, to which one end of the capacitor (C_1) is connected. In the drawing, F represents a common line to which the drain of the TFT₂ is connected.

ADS mode-projection type active matrix liquid crystal display device without using polarization filters was constituted under the following conditions by adopting the circuit constitution described above.

- | | |
|---|--|
| 1) Liquid crystal display method | : projection type |
| 2) Light source | : metal halide lamp |
| 3) Panel size | : 3"; diagonally |
| 4) Number of panel pixels | : 240 x 384 dots |
| 5) Panel substrate | : Corning 7059 glass 1.1t |
| 6) TFT ₁ , TFT ₂ : amorphous silicon TFT; | |
| | gate material: Ta, gate oxide film: Ta ₂ O ₅ /SiN _x , |
| | semiconductor material: a-Si by P-CVD, |
| | source drain material: n ⁺ a-Si/Ti laminate layer film |
| 7) C_1 | : Ta/Ta ₂ O ₅ · SiN _x /Ti |
| 8) C_2 | : ITO/liquid crystal/ITO |

(7 μ m plastic beads spacer, used for
liquid crystal layer thickness)

9) Liquid crystal layer: mixed liquid crystal comprising:

$\text{CH}_3\text{O}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}=\text{N}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}_6\text{H}_5$ 59.5 wt/ %

$\text{C}_6\text{H}_5\text{O}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}=\text{N}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}_6\text{H}_5$ 40 wt/ %

10) Ionic impurity: $\text{C}_{10}\text{H}_{17}\text{N}^+\text{H}(\text{CH}_3)_2\text{OOC}^-\text{C}_6\text{H}_4\text{COO}^-$ 0.5 wt/ %

11) Driving AC voltage: 60 Hz rectangular wave; ± 7.5 V

The specific resistivity (ρ) of the liquid crystal layer is $10^7 \Omega\text{m}$, the pixel area (S): $100 \mu\text{m}^2$ and the thickness of the liquid crystal layer; (d) = 7 μm and, accordingly, the resistance value of the liquid crystal per one pixel;

$$R_{LC} = (\rho \cdot d)/S = 7 \times 10^9 \Omega.$$

In such a device, the TFT₁ and the signal accumulation capacitor (C₁) serve as a sample hold circuit and the TFT₂ serves as a current control device (a sort of buffer transistor) for applying a liquid crystal driving AC voltage to the liquid crystal layer at a predetermined position of the liquid crystal display section (C₂).

In this constitution, since the capacitor C₁ is connected to the gate of the high impedance TFT₂ but not connected directly to the liquid crystal display section (C₂), it is less discharging and charges accumulated therein act to keep the TFT₂ at the ON state for a longer time compared with the prior art even after the TFT₁ has been turned to the OFF state.

Accordingly, also in a case of using a liquid crystal layer with low specific resistivity and easily discharging, it is possible to prevent the phenomenon that the TFT₂ is turned OFF by discharge within a shorter period of time than the required time (frame frequency period), so that desired matrix display operation of the liquid crystal can be conducted.

Further, in the drawing device described above, a voltage V_c' having

the same amplitude and the inverse phase with respect to the AC voltage V_c applied to the opposing electrode is applied to the common line F. By such a driving method, the operation of the TFT₂ is substantially in symmetry when V_c is positive and negative.

Fig. 2 shows another example of the invention. The difference with respect to the example described above is that one of the electrodes of the capacitor C_1 is defined as an adjacent gate line. With such a constitution, the grounding line can be saved.

When display was conducted on a screen by the liquid crystal display device described above, it was possible to obtain display at a brightness about twice as high as the conventional TN mode (100 fL) (compared in a white display state) by using an identical light source.

Example 2

In the equivalent circuit shown in Fig. 1 for the liquid crystal display device of Example 1, a liquid crystal display device is constituted by further inserting a dummy load (Z_0) between the common line and the drain of the TFT₁.

For the dummy load (Z_0), a non-doped a-Si film (film thickness $d = 28$ nm, specific resistivity $\rho = 10^9 \Omega\text{m}$) is sandwiched between the drain of the TFT₁ and the common line. Since the area (S') for overlapped portion of them is defined as $20 \mu\text{m}^2$, the resistance value is : $R' = 7 \times 10^9 \Omega$.

Positive-to-negative symmetry upon driving is further improved by disposing the dummy load having a resistance value equal with that of the liquid crystal layer between the drain electrode and the common line, by which flicker was reduced to such a level as not visually recognized.

(vii) Effect of the Invention

According to the liquid crystal display device of the present invention, application of the voltage to the liquid crystal layer can be

ensured in view of time and an intended liquid crystal matrix display can be conducted even in a case of using a liquid crystal layer of low specific resistivity and having no substantial charge holding function.

Accordingly, it is possible to conduct an active matrix display at an ideally high display lightness by adopting the DS mode, the white tailor type GH mode or the like capable of gradation display, high contrast display and high speed response display without using polarization filters, as the electro-optic mode of the liquid crystal.

Further, also in a case of intermediate tone display, the voltage applied to the liquid crystal display section is in the positive-to-negative symmetry, the DC component is reduced to a negligibly small level, occurrence of flicker, electrolysis of liquid crystals and corrosion of pixel electrodes can be suppressed to obtain satisfactory display quality and high reliability.

Then, the liquid crystal display device of the present invention is particularly effective as a light bulb for a projection type display device requiring to satisfy a high temperature operation and a high light utilizing efficiency together, but it can be utilized effectively also to highly fine display for outdoor use, for example, VTR monitors, LCTV and view finders, as well as it is also suitable to the application for vehicle mounted or aircraft display. Furthermore, it is applicable not only to the transmission type but also to the reflection type display device.

4. Brief Description of the Drawings

Fig. 1 is an equivalent circuit diagram of one display unit in a liquid crystal display device of an example according to the present invention, Fig. 2 is an equivalent circuit diagram of another example, Fig. 3 is an equivalent circuit diagram of a further example of the present

invention, and Fig. 4 is a view corresponding to Fig. 1 showing one display unit of an existent liquid crystal display device.

$X_1, X_2 \dots$ electrode line X

$Y_1, Y_2 \dots$ electrode line Y

$TFT_1 \dots$ first thin film transistor

$TFT_2 \dots$ second thin film transistor

$C_1 \dots$ capacitor (signal accumulation capacitor)

$C_2 \dots$ capacitance of a liquid crystal display section

a ... pixel electrode

b ... opposing electrode

$V_c, V_c' \dots$ AC power source

E ... grounding line

F ... common line

$Z_D \dots$ dummy load

⑫ 公開特許公報(A) 平3-77922

⑪ Int. Cl.³G 02 F 1/136
1/1333

識別記号

5 0 0
5 0 0

庁内整理番号

9018-2H
7610-2H

⑬ 公開 平成3年(1991)4月3日

審査請求 未請求 請求項の数 2 (全7頁)

⑭ 発明の名称 液晶表示装置

⑮ 特 願 平1-215786

⑯ 出 願 平1(1989)8月21日

⑰ 発 明 者 浜 田 浩 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シャープ株式会社
内⑱ 発 明 者 船 田 文 明 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シャープ株式会社
内

⑲ 出 願 人 シャープ株式会社 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

⑳ 代 理 人 弁理士 野河 信太郎

明 細 書

1. 発明の名称

液晶表示装置

2. 特許請求の範囲

1. (a) X-Yマトリックス状に配設された電極ラインと、

(b) ソース、ドレイン、ゲートを有し、このソースが上記電極ラインXに、ゲートが電極ラインYに各々接続された多数の第1のスイッチング三端子素子と、

(c) 上記第1の各スイッチング三端子素子に対応する多数の画素電極と、液晶駆動用電源に接続される対向電極との間に液晶層を配置してなり、該スイッチング三端子素子のドレイン出力に基づいてマトリックス表示動作を行う液晶表示部を備えてなり、

(d) 上記画素電極を各々第2のスイッチング三端子素子を介して共通ラインに接続構成すると共に、前記第1のスイッチング三端子素子のドレインを信号蓄積キャパシタを介してアースラインま

たは隣接するゲートラインに接続しかつ上記第2のスイッチング三端子素子のゲートに接続構成し、

(e) 前記対向電極と前記共通ラインに互いに逆相の交流電圧を印加しうよう構成されてなる液晶表示装置。

2. 第2のスイッチング三端子素子と共通ラインの間に、液晶表示部のインピーダンスと略等しいインピーダンスを有するダミー負荷が挿入されてなる請求項1記載の液晶表示装置。

3. 発明の詳細な説明

(イ) 産業上の利用分野

この発明は液晶表示装置に関する。さらに詳しくは、カメラの高精細ファイング表示やテレビジョンなどの投影型表示に要求される、表示明度を向上した高精細マトリックス型液晶表示を可能とする液晶表示装置の改良に関する。

(ロ) 従来の技術

従来から、液晶の電気光学効果を画素表示に利用した表示装置としてマトリックス型液晶表示装置が開発されている。この液晶表示装置は、基本

的には、ドット・マトリックス状に多数配列された多数の画素電極と、該画素電極と対向する対向電極との間に印加された電圧に応じて入射光を光学変調する液晶層とからなる。

かかるマトリックス型液晶表示装置の動作モードには、前記液晶層として封入する液晶の種類あるいは電気光学的性質の差異に応じて、ツイステッドネマティック(TN)モード、スーパーツイステッドネマティック(STN)モード、ゲスト・ホスト(GH)モード、ダイナミックスクャッピング(DS)モード、相転移モードなどの多くのモードが開発されている。また、それらの液晶層と画素電極とからなる個々の表示画素を個別に制御する方法に関しても、(1)単純マトリックス方式、(2)多重マトリックス方式、(3)非線形二端子素子(例えば、ダイオード)を付加した方式、(4)スイッチング三端子素子[例えば、薄膜トランジスタ(TFT)]を付加したTFTアクティブマトリックス方式などがある。

これらのうち、DSモード、[G.H. Heilseier

Tに対する負荷を増すと共に、面積的制約や製造技術面で困難であった。

上記問題点を解決するものとして、本願出願人等は先に、ことに比抵抗が小さな液晶層を使用した場合においてもそこでの放電による表示動作への悪影響を防止でき、それにより偏光フィルターを用いない高い表示明度を實現できる新しいTFTアクティブマトリックス方式の液晶表示装置を出願している(特願平1-95581号)。

(ハ) 発明が解決しようとする課題

この発明は、上記出願の液晶表示装置を更に改良して、中間項を含む画像を表示するのに好適な駆動方式を有するTFTアクティブマトリックス方式の液晶表示装置を提供しようとするものである。

(ニ) 課題を解決するための手段

かくしてこの発明によれば、(a) X-Yマトリックス状に配設された電極ラインと、(b) ソース、ドレイン、ゲートを有し、このソースが上記電極ラインXに、ゲートが電極ラインYに各々接続さ

れた多数の第1のスイッチング三端子素子と、(c) 上記第1の各スイッチング三端子素子に対応する多数の画素電極と、液晶駆動用電源に接続される対向電極との間に液晶層を配置してなり、該スイッチング三端子素子のドレイン出力に基づいてマトリックス表示動作を行う液晶表示部を備えてなり、(d) 上記画素電極を各々第2のスイッチング三端子素子を介して共通ラインに接続構成すると共に、前記第1のスイッチング三端子素子のドレインを信号蓄積キャパシタを介してアースラインまたは隣接するゲートラインに接続しかつ上記第2のスイッチング三端子素子のゲートに接続構成し、(e) 前記対向電極と前記共通ラインに互いに逆相の交流電圧を印加しようよう構成されてなる液晶表示装置が提供される。

そしてこの組合せによる液晶表示装置においては、第4図に示すように、TFTのドレイン電極に接続される画素電極(C₂)と並列に、いわゆる信号蓄積キャパシタ(C₁)を設けると共に、このキャパシタ(C₁)の容量を大きくして、電荷保持機能の改良が図られている。

しかしながら、このような信号蓄積キャパシタを用いても原理的に電荷保持機能の低下防止には限界があり、また、高集積化されたマトリックス表示装置において、充分な電気容量の信号蓄積キャパシタを多数のTFT毎に設けるのは、ソースドライバ、ソースバスラインやスイッチングTFT

れた多数の第1のスイッチング三端子素子と、(c)

上記第1の各スイッチング三端子素子に対応する多数の画素電極と、液晶駆動用電源に接続される対向電極との間に液晶層を配置してなり、該スイッチング三端子素子のドレイン出力に基づいてマトリックス表示動作を行う液晶表示部を備えてなり、(d) 上記画素電極を各々第2のスイッチング三端子素子を介して共通ラインに接続構成すると共に、前記第1のスイッチング三端子素子のドレインを信号蓄積キャパシタを介してアースラインまたは隣接するゲートラインに接続しかつ上記第2のスイッチング三端子素子のゲートに接続構成し、(e) 前記対向電極と前記共通ラインに互いに逆相の交流電圧を印加しようよう構成されてなる液晶表示装置が提供される。

すなわちこの発明は、各画素毎に薄膜トランジスタと信号蓄積キャパシタにより構成されるサンプルホールド回路を備え、かつ液晶層に直流成分の印加されない新規な駆動方式を有する液晶表示装置であることを特徴とする。

なお、一般の電界効果型トランジスタにおいては、キャリアの供給側の電極をソースと呼び、キャリアの掃き出し側をドレインと呼ぶ習慣となっているが、この発明の液晶表示装置における薄膜トランジスタではソースとドレインの構造は、後述するごとく対称的でありチャンネル間には双方向に電流を流すので、前述の習慣では区別できない。そこで以下の説明では信号又は駆動電圧の供給源に近い方をソースと呼び、他方をドレインと呼ぶことにする。

この発明の液晶表示装置（以下、この発明の装置という）は、ことに前述したDSモード、GHモード、コレステリック・ネマティック相転移モード等のように、偏光フィルターを用いずかつ液晶層としてイオン性不純物を含む低比抵抗のものをを用いてその光吸収や光散乱特性についての液晶電気光学効果を表示に利用する動作モードと組合わせた場合に最も有効であり、プロジェクション（投影）型の液晶表示装置に組合わせるのがさらに一つの好ましい態様である。

Tを用いることができる。また、Si基板を用いたいわゆるMOS型トランジスタアレイも反射型表示装置用として適用可能である。信号蓄積キャパシタとしては上記配線材料と同様な導電体を電極とし絶縁体として上記交差部絶縁材料と同様の材料を用いて形成したものが適している。但し、信号蓄積キャパシタのもう一方の電極はアースラインに接続する代わりに、開接するゲート電極に接続しても良い。また信号蓄積キャパシタは、上記第1のスイッチング三端子素子と別個の素子として設けられてなくてもよく、この第1のスイッチング三端子素子の内在するコンデンサ成分を利用したもの、すなわちその厚さ容量を利用したものであってもよい。

なお、例えば上記TFETの形成は、特開昭58-147069号に記載された手法に準じて行うことができる。

また、液晶表示部を構成する画素電極や対向電極には少なくとも一方が透明の電極（例えばITOと略称される SnO_2 がドーパされた In_2O_3 膜

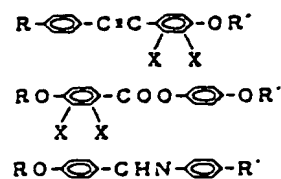
とくにこの発明の装置によれば、従来よりも導電性の高い液晶層、ことに $10^8 \Omega \text{cm}$ 以下の低比抵抗の液晶層を用いた場合においても、放電による表示動作への悪影響を防止できるものである。従ってこの発明においては、 $10^8 \Omega \text{cm}$ 以下の低比抵抗の液晶層を用いるのが好ましい態様である。

この発明の装置において、電極ラインの材料としては、ITO、Al、Ti、Ni、W、Mo、Cr、 $\text{p-Si}(n^+)$ （多結晶シリコン）等の一般の配線材料を用いることができ、電極ラインの交差部には SiO_2 、 SiN_x 、 Ta_2O_5 、 Al_2O_3 等の絶縁膜が用いられて短絡が防止される。

この発明の装置において、第1及び第2のスイッチング三端子素子としては例えば薄膜トランジスタ（TFET）が適しており、信号蓄積キャパシタとしても通常のアクティブマトリックス方式に用いられるコンデンサ素子を用用することができる。例えば、第1及び第2のスイッチング三端子素子としては a-Si （アモルファスシリコン）、 p-Si 、 Si 結晶、 CdSe 、 GaAs 、 GaP 等からなるTF

やNESAという商品名で知られている SnO_2 （膜）等が用いられ、いわゆる反射型表示装置とする場合には他方はAl、Au等の金属電極が用いられる。

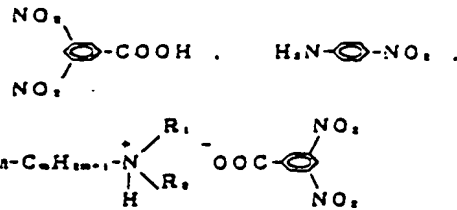
この発明の装置の液晶表示部において、液晶層はイオン性不純物を含む低比抵抗のものから構成されていても何等支障はなく、この構成は動作モードに応じて適宜選択される。例えばDSモードを適用する場合には、中性、又は弱い正の誘電異方性若しくは弱い負の誘電異方性を有したネマティック化合物及びイオン性不純物が用いられる。該ネマティック化合物としては、例えば、



及び/又は

（式中、R、R'は各々独立してC₁〜C₄のアルキル基；Xは水素原子またはフッ素原子）等が挙げられる。上記液晶層にはこれらのネマティック化合物を含有しかつ系全体としては負の誘電異方

性を有し正の導電率異方性を有する混合液晶組成物として用いることが好ましい。一方、イオン性不純物としては、



(式中、 m は1~16の整数、 R_1 、 R_2 は水素原子、メチル基又はベンジル基)等の化合物(特許池:応物学会(1979)春期講演会30P-8-13)が好適なものと認められる。

また、ホワイトテラ型GHモードの場合には、正の誘電異方性を有するコレステリック液晶化合物や正の誘電異方性を有したネマティック液晶化合物と光学活性化合物とからなるものが挙げられる。またこのモードの場合には、用いる二色性染料として、T.Uchidaらの文献〔T.Uchida 他: Mol. Cryst. and Liq. Cryst. 63 19(1981)〕に記載があるように、下記アゾ染料：

グ三電子素子のインピーダンスは対向電圧の極性
に拘わらず一定値となり、液晶表示部の液晶層に
印加される電圧は正負対称とすることが出来る。

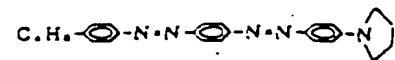
また、この発明において、第2のスイッチング三端子素子のドレインと共通ラインの間にさらに液晶層と同程度のダミー負荷を挿入することにより上対称性をさらに向上させることができる。

(ホ) 作用

電圧ライン X 及び Y によって選択された第 1 のスイッチング三端子素子からのドレイン出力により、①信号番線「キャパシタ」に電荷が蓄積すると共に②第 2 のスイッチング三端子素子のゲートに電圧が付与されて閉回路となって液晶表示部の対応する画素電極部位に液晶駆動用電圧から電圧が印加されて表示動作が行われる。

この際、電極ラインX及びYの選択は一定の短いフレーム周波数下での走査により行われるため、第1のスウィッチング三端子素子の出力時間は、一つの画素電極に対しては極めて短い。

しかし、信号回路キャパシタが付設されている



ヤアントラキノン染料が一般的なものとして挙げられるが、これらの染料以外のクマリン系染料等の蛍光染料やその他の染料でも適用可能である。

この発明の装置において、第2のスイッチング三端子素子は、そのソース側が共通ラインに接続される。すなわち、このような接続により、該三端子素子はチャンネルの中央部の電位に対してソースとドレインの電位が正負対称になるので、ソースとドレインの電位を入れ換えると正負対称の動作を行う。

この発明において、共通ラインには対向電極と逆相の交流電圧が印加される。この逆相の交流電圧とは、対向電極に印加される交流電圧と振幅が同じで位相が互いに逆のものを意味する。すなわちこの逆相の交流電圧を共通ラインに印加することにより上記第2のスイッチング三端子素子の各電極の電位関係が対向電圧の極性が正の場合と負の場合とでほぼ対称になり、従って該スイッチン

ため、第1のスイッチング三端子素子がOFF状態となった後においても第2のスイッチング三端子素子のゲートに次のフィールドにて新たな信号電荷が蓄積されるまで電圧が付与されてON状態が保たれる。そして、信号蓄積キャパシタに蓄積した電荷は、第2のスイッチング三端子素子を介して液晶表示部と切離されているため、放電による消費は実質的に生じず、従来に比して電荷保持時間も延長される。つまり、サンプルホルド回路として動作することとなる。

一方、第2のスイッチング三端子素子のON状態が保たれる状態においては、液晶層で放電が生じても液晶駆動用電源からの電荷が連続して供給されるため、放電による悪影響も生じない。

またこの発明の装置において、2値表示つまり白黒表示を行う場合には次のような駆動条件が選択される。すなわち、液晶層に電圧が印加された状態をONと呼び、電圧が印加されない状態をOFFと呼ぶことにすると、ON状態では第2のスイッチング素子のインピーダンス Z_{off} が液晶層の

インピーダンス Z_{ic} よりも十分に小さくなるように、また、OFF状態ではその逆になるように、第1のスイッチング素子に供給される信号電圧 V_{ic} のレベルを選択する。対向電極には交流電圧 V_c が印加されるが、これは、直流電圧を印加すると液晶の電気分解や電極の腐食が生じるからである。対向電極に印加された交流電圧 V_c は液晶層のインピーダンス Z_{ic} とスイッチング素子のインピーダンス Z_{sc} によって分割される。両者が前述の条件を満たしておれば、ON状態では液晶層に印加される電圧 V_{ic} は対向電極に印加された電圧 V_c とほぼ等しくなり、OFF状態では液晶層にはほとんど電圧が印加されない。この場合、液晶層に印加される電圧 V_{ic} はほぼ正負対称になり、直流成分は無視できることとなる。

またこの発明の装置によれば、第2スイッチング素子のソース側が共通ラインに接続されて、該スイッチング素子はチャンネルの中央部の電位に対してソースとドレインの電位が正負対称になる。従って共通電極と対向電極に印加する電圧を反転

しても動作点は変わらない。従ってこのとき対向電極に印加される交流電圧の極性に関わらずスイッチング素子のインピーダンス(Z_{sc})が一定となり、液晶層のインピーダンス(Z_{ic})も一定となって $Z_{sc} \gg Z_{ic}$ となる。従って上記対向電極に電圧 V_c の交流電圧を印加し、それと同一極性で逆用の電圧を共通電極に印加すると、第2のスイッチング素子の各電極の電位関係が V_c の極性が正の場合と負の場合とではほぼ対称になり、 Z_{sc} がほぼ等しくなる。従って液晶層に印加される電圧はほぼ正負対称となる。

以下実施例によりこの発明を詳細に説明するが、これによりこの発明は限定されるものではない。

(以下余白)

(ハ) 実施例

第1図は、この発明の一実施例のマトリックス型液晶表示装置におけるマトリックスの一表示単位の構成を示す等価回路図である。

図中、 X_1, X_2, \dots はX-Yマトリックス状電極におけるデータ信号バスライン(電極ラインX)を、 Y_1, Y_2, \dots は同じく走査信号バスライン(電極ラインY)を各々示すものであり、これらの交差点(アドレス)は絶縁膜で隔離されている。この交差点の近傍には各々第1の薄膜トランジスタ(TFT₁)が配設されてそのゲートは電極ラインY(Y_1)に、ソースは電極ラインX(X_1)に各々接続されている。そして図に示すごとくTFT₁のドレインは第2の薄膜トランジスタ(TFT₂)のゲートに接続されてその途中には信号蓄積キャパシタとなるコンデンサ(C_1)が接続されている。

一方、TFT₂のソースは、多数の画素電極(a)と対向電極(b)との間に液晶層を配置せしめた液晶表示部(C_2)における一つの画素電極(a)に接

続されており、対向電極(b)は液晶駆動用の交流電圧(V_c)に接続されている。

なお、図中Eはアースラインを示し、コンデンサ(C_1)の一端が接続されている。図中Fは共通ラインを示し、TFT₂のドレインが接続されている。

上記回路構成を採用して下記の条件で、偏光フィルムを用いないDSモード・プロジェクション型アクティブマトリックス液晶表示装置を構成した。

- 1) 液晶表示方法: プロジェクション型
- 2) 光源: メタルハライドランプ
- 3) パネル寸法: 対角3"
- 4) パネル画素数: 240×384ドット
- 5) パネル基板: コーニング7059ガラス1.1t
- 6) TFT₁, TFT₂: アモルファスシリコン TFT
ゲート材料 Ta , ゲート酸化膜 Ta_2O_5/SiN_x ,
半導体材料 P-CVDによる $a-Si$
ソースドレイン材料 $n^+ a-Si/Ti$ 重層膜
- 7) C_1 : $Ta/Ta_2O_5 \cdot SiN_x/Ti$
- 8) C_2 : ITO/液晶/ITO
(液晶層厚は7 μm の7isf777E-1144を使用)
- 9) 液晶層: $CH_3O-C_6H_4-C_6H_4-C_6H_3$ 55.5wt/%
 $C_6H_5O-C_6H_4-C_6H_4-C_6H_3$ 40 wt/%
からなる混合液晶

(以下余白)

10) 特性不純物: $C_{60}H_{12}I_2(CE_2)_2$ 0.5 wt/%

1) 駆動交流電圧: 40Hz 矩形波 $\pm 7.5V$

なお、上記液晶層の比抵抗(ρ)は $10^9 \Omega m$ 、画素面積(S)は $100 \mu m^2$ 、液晶層の厚さ(d)は $7 \mu m$ であり、従って1画素当りの液晶の抵抗値 $R_{LC} = (\rho \cdot d) / S = 7 \times 10^9 \Omega$ である。

かかる装置において、TFT、と信号蓄積コンデンサ(C_s)はサンプルホールド回路として働き、TFT、は液晶駆動用交流電圧を液晶表示部(C_L)の所定位置の液晶層に印加するための電流制御素子(一種のパラトランジスタ)として動く。

この構成においては、コンデンサ C_s は高インピーダンスのTFT、のゲートに接続されており、液晶表示部(C_L)に直接接続されていないため放電し難く、そこに蓄積した電荷は、TFT、がOFF状態となった後にも従来に比して長時間TFT、をON状態に保つよう作用する。

従って、比抵抗が低く放電し易い液晶層を用い

上記実施例1の液晶表示素子の第1図に示される等価回路において、さらに、共通ラインとTFT、のドレインの間にダミー負荷(Z_D)を挿入して液晶表示素子を構成した。

上記ダミー負荷(Z_D)には、ノンドープa-Si膜(膜厚 $d = 28nm$ 、比抵抗 $\rho = 10^9 \Omega m$)をTFT、のドレインと共通ラインとの間にサンドイッチ状に介在させたものを用いた。これらがオーバーラップしている部分の面積(S')は $20 \mu m^2$ 角としているので、抵抗値 $R' = 7 \times 10^9 \Omega$ となる。

このように液晶層の抵抗値と等しいダミー負荷をドレイン電極と共通ラインとの間に設けることにより、駆動時の正負の対称性がさらに改善され、フリッカが目視では認識できない程度となった。

(ト) 発明の効果

この発明の液晶表示装置によれば、液晶層の比抵抗が低く実質的に電荷保持機能がないものを用いた場合においても、液晶層への電圧印加が時間的に確保され、所望の液晶マトリックス表示を行うことが可能となる。

た場合においても、この放電によりTFT、が必要とする時間(通常、フレーム間放電の時間)よりも短時間でOFFになる現象が防止され、所望の液晶のマトリックス表示動作を行うことができる。

また上記装置において、共通ラインFには対向電極に印加される交流電圧 V_c と同じ極性で逆相の電圧 V_d が印加される。このような駆動方法により、TFT、の動作は V_c が正の時と負の時とがほぼ対称となる。

第2図にこの発明の他の実施例を示す。上記実施例との相違点はキャパシタ C_s の一方の電極を、駆動するゲートラインとしたことである。このような構成とすることによりアースラインを省略することができる。

かかる液晶表示装置によりスクリーン上に表示を行ったところ、同一光源を用いて従来のTNモードの約2倍の明るさ(100fL)の表示(白表示状態での比較)を得ることが可能となった。

実施例2

従って、偏光フィルタを用いずに階調表示、高コントラスト表示、高速応答表示が可能なDSモードやホワイトテラ型GHモードなどを液晶の電気光学的モードとして採用して理想的な高い表示明度のアクティブマトリックス表示を行うことができる。

さらに、中間調を表示する場合にも、液晶表示部に印加される電圧が正負対称となり、直流成分が無視できる程度に小さくなりフリッカの発生、液晶の電気分解、画素電極の腐食が抑制され、良好な表示品位と高い信頼性を得ることができる。

そして、ことにこの発明の液晶表示装置は、高駆動性と高光利用効率を同時に満足させる必要のあるプロジェクション型の表示装置のライトバルブとして有効であるが、屋外使用の高解像ディスプレイ、例えばVTRモニター、LC TV、ビューファインダー等へも有効に利用でき、また車載用や航空機表示への応用にも適している。さらに、透過型のみならず反射型表示装置へも適用することができる。

図面の簡単な説明

第1図はこの発明の一実施例の液晶表示装置における一表示単位の等価回路図、第2図は他の実施例の等価回路図、第3図はこの発明のさらに他の実施例の等価回路図、第4図は従来の液晶表示装置の一表示単位を示す第1図相当図である。

X_1, X_2, \dots 電圧ライン、

Y_1, Y_2, \dots 電圧ライン、

TFT₁, \dots 第1の薄膜トランジスタ、

TFT₂, \dots 第2の薄膜トランジスタ、

C_1, \dots コンデンサ(信号蓄積キャパシタ)、

C_2, \dots 液晶表示部の容量、

a \dots 前電圧、

b \dots 対向電圧、

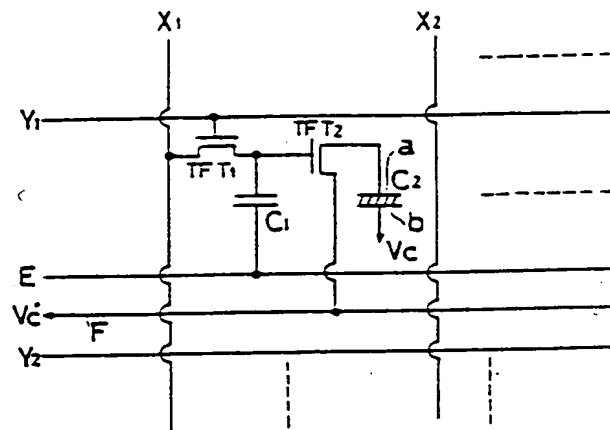
$V_c, V_c' \dots$ 交流電源、

E \dots アースライン、

F \dots 共通ライン、

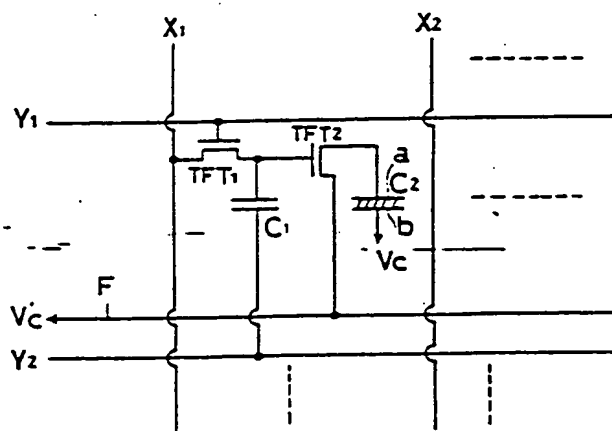
$Z_0 \dots$ ダミー負荷。

第1図

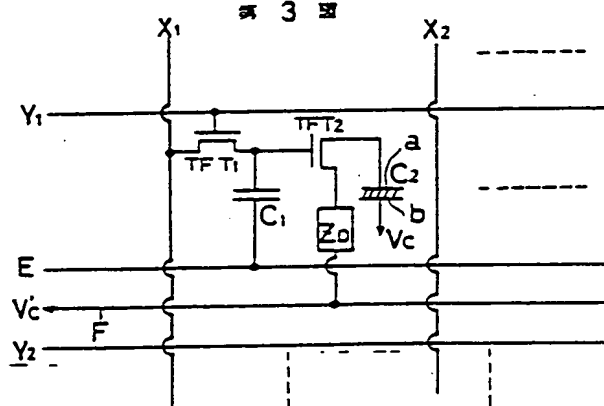


代理人 弁理士 野河信太郎

第2図



第3図



第4図

